

# 초등 과학 수업에서 가상현실과 증강현실 콘텐츠 활용을 위한 교사 교육 모델의 개발과 적용 사례

차현정 · 가석현 · 윤혜경<sup>†</sup>

## Development and Application of the Teacher Education Model for Using Virtual and Augmented Reality Contents in Elementary Science Class

Cha, Hyun-Jung · Ga, Seok-Hyun · Yoon, Hye-Gyoung<sup>†</sup>

### 국문 초록

이 연구에서는 가상현실과 증강현실(Virtual and Augmented Reality: VR/AR) 콘텐츠 활용 과학 수업을 위한 교사 교육 모델과 원리를 개발 및 적용하고, 적용 과정에 참여한 초등 예비 교사의 교사 교육 모델에 대한 의견과 VR/AR 콘텐츠 활용에 대한 인식 변화를 분석하였다. 이를 위하여 첫째, 기존의 테크놀로지 교수학적 내용지식(Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) 함양 교사 교육 모델 및 VR/AR 콘텐츠 활용과 관련된 선행연구를 탐색하여 VR/AR-TPACK 함양을 위한 교사 교육 모델과 각 단계의 주요 원리를 도출하였다. 개발된 교사 교육 모델은 ‘탐색/경험’-‘맵핑’-‘협력적 설계’-‘실행’-‘성찰 및 개선’ 총 5단계로 구성되었다. 둘째, 개발된 모델의 단계와 원리의 적절성을 탐색하기 위해 25명의 초등 예비 교사가 수강하는 교육대학교 정규 강좌에 적용하였다. 수업 전후 VR/AR 활용에 대한 인식 조사 설문 결과, 예비 교사들이 작성한 그룹별 수업지도안, 교사 교육 모델에 대한 예비 교사들의 의견 및 피드백 내용, 교수자/연구자가 작성한 연구 일지를 연구 자료로 수집하였다. 초등 예비 교사들이 작성한 교사 교육 모델에 대한 의견과 연구 참여 전후 인식 조사 설문 내용은 개방 코딩과 범주화 과정을 통해 분석되었다. 연구 결과, 초등 예비 교사들은 교사 교육 모델의 각 단계에서 이루어진 활동과 경험에 대해 대부분 긍정적인 의견을 제시하였다. VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식은 세 가지 측면에서 변화를 보였다. 첫째, VR/AR 콘텐츠에 대한 막연한 긍정적 인식이 구체적인 교육적 어포던스에 기반한 긍정적 인식으로 변화하였다. 둘째, VR/AR 콘텐츠를 활용할 때 겪을 만한 문제 상황을 경험함으로써 이에 대한 대비가 필요함을 인식하였다. 셋째, VR/AR 콘텐츠를 교사가 활용할 수 있는 유용한 교수 자원으로 인식하게 되었다. 이러한 연구 결과에 기반하여 VR/AR-TPACK 교사 교육 모델에 대한 시사점과 연구의 한계를 논의하였다.

**주제어:** 초등 과학 수업, VR/AR 콘텐츠, 교사 교육 모델, TPACK

### ABSTRACT

This study developed and applied the teacher education model and its principles for science classes using Virtual and Augmented Reality (VR/AR) content and analyzed preservice elementary teachers' feedback on the teacher education model and the changes in their perceptions as to the use of VR/AR content. First, existing Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) teacher education models and prior studies on the use of the VR/AR contents were reviewed to derive the teacher education model to cultivate the VR/AR-TPACK and set the key principles for each of its stages. The developed teacher education model has five stages: exploration, mapping, collaborative design, practice, and reflection. Second, to examine the appropriateness of the model's five stages and principles, we applied it within the regular course of instruction at the university of education, which was attended by 25 preservice elementary teachers. This study collected data from surveys on the perception of the usage of VR/AR contents before and after the course, as well as the group lesson plans prepared by the preservice teachers, and their feedback on the teacher education model. The feedback on

the teacher education model and the survey conducted by the preservice teachers before and after the course were analyzed through open coding and categorization. As a result, most preservice teachers expressed positive opinions about the activities and experiences at each stage of the implementation of the teacher education model. Perceptions related to the usage of the VR/AR content changed in three aspects: first, the vague positive perception of the VR/AR content has changed to a positive perception based on specific educational affordance. Second, they recognized the need for preparedness by anticipating potential problems associated with the use of the VR/AR content. Third, they came to view the VR/AR contents as a useful instructional resource that the teachers could use. Based on these results, we discussed the implications for the VR/AR-TPACK teacher education model and assessed the limitations of the research.

**Key words:** elementary science class, VR/AR contents, teacher education model, TPACK

## I. 서 론

인터넷의 발달과 다양한 테크놀로지의 발전은 학교 및 교실 환경과 수업 방식에 많은 영향을 미쳤다. 국내·외 과학교육 연구에서도 과학 수업에서의 테크놀로지 활용에 대한 논의가 이루어져 왔으며, 테크놀로지는 새로운 형태의 과학 탐구를 가능하게 해주는 도구로 활용되어왔다(Bell & Trundle, 2008; Schmittka & Bell, 2009). 다양한 테크놀로지 중에서도 가상현실(Virtual Reality, 이하 VR)과 증강현실(Augmented Reality, 이하 AR)은 학습자에게 3D 환경을 제공하며, 이를 활용하는 과정에서 가상 객체와 다양한 상호작용을 가능하게 하여 학습 동기를 유발함과 동시에 탐구 능력 및 문제 해결 능력의 함양에 효과적으로 활용될 수 있다(Leem, 2001). 이러한 특징을 가지고 있는 VR/AR 테크놀로지는 코로나19 팬데믹 이후 실제 학교 현장에서의 온라인 과학 활동과 디지털 콘텐츠에 대한 수요가 급격하게 증대되면서 정부와 학교 현장에서 많은 주목을 받게 되었다.

또한 전 세계적으로 학생들의 역량(competency) 함양이 강조되고 있는데 인지적 영역과 관련한 역량으로 언어, 텍스트, 지식, 정보뿐 아니라 테크놀로지 도구를 활용하는 역량이 강조되고 있다(Griffin *et al.*, 2012; OECD, 2005). 이러한 흐름은 4차 산업혁명이 대두되면서 디지털 소양(digital literacy) 함양의 중요성으로 이어지게 되었다(OECD, 2019; UNESCO, 2018). 우리나라에서는 제4차 과학교육 종합계획을 통해 VR/AR 같은 첨단 과학 기술을 기반으로 과학 활동이 가능한 지능형 과학실을 구축하고 있으며(교육부, 2020), 미래 교육 환경 구축을 위하여 전국 초·중학생들에게 태블릿 PC 혹은 노트북을 보급하는 사업을 진행하고 있다. 2022 개정 교육과정에서도 미

래 사회를 살아갈 학생들의 디지털 소양 함양을 위하여 첨단 디지털 인프라를 활용한 다양한 교육방식이 학교 현장에 정착되기 위한 노력이 필요하다는 점을 강조하고 있다(교육부, 2022a). 구체적으로 살펴보면 VR/AR 콘텐츠를 의미하는 실감형 학습자료를 활용한 화석 관찰, VR/AR 등을 이용한 빛의 직진, 반사, 굴절 현상 관찰, 실감형 자료를 활용한 계절별 대표적 별자리 조사 등의 탐구 활동이 성취 기준 적용 시 고려 사항에 명시되어 있다(교육부, 2022b).

사회 환경 변화와 테크놀로지 발전으로 인한 학교 및 교실 환경과 수업 방식의 변화는 과학 교사의 역할과 능력에도 변화를 요구한다. 하지만 새롭게 과학과 교육과정을 개정하여 학생의 디지털 소양을 함양하는 방법과 그와 관련된 VR/AR 콘텐츠를 제공한다고 해서 과학 교사의 새로운 수업 계획과 실천이 곧바로 이어지는 것은 아니다. 교사의 수업 전문성은 자신의 과거 경험, 교육적 신념, 실행 관행, 사회문화적 맥락 등의 다양한 요소와의 상호작용 결과로 나타나는 것이기 때문이다(소경희 등, 2020; Schön, 1983). 따라서 VR/AR 콘텐츠를 개발·보급하여 그를 활용한 과학 수업이 성공적으로 이루어지기 위해서는 교사들에게 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 경험을 제공하고 수업에서 이를 어떻게 활용할 수 있을지 탐색하는 기회를 제공하여 테크놀로지 활용과 관련된 교사 전문성을 발달 및 향상하도록 도와야 한다(차현정 등, 2022; Angeli & Valanides, 2009; Jang & Chen, 2010; Lee & Kim, 2014; UNESCO, 2021).

교수·학습 상황에서 테크놀로지 활용과 관련된 교사 전문성에 관한 연구는 Shulman의 교수학적 내용지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)에 테크놀로지를 접목한 테크놀로지 교수학적 내용지식(Technological Pedagogical Content Knowledge,

이하 TPACK) 프레임워크(Mishra & Koehler, 2006)에 기반하여 이루어져 왔다. TPACK 프레임워크에서는 내용(content), 교수법(pedagogy), 테크놀로지의 상호작용과 연계 즉, 세 유형의 지식 통합이 강조된다(Mishra & Koehler, 2006). 이는 TPACK을 구성하고 있는 세 요소 각각의 독립적이고 분절적인 발달과 성장이 TPACK의 발달과 성장으로 이어지지 않는다는 것을 의미한다(Angeli & Valanides, 2005, 2009; Valanides & Angeli, 2008a, 2008b). Valanides and Angeli(2008a) 연구에서는 수업 경력이 많으며 컴퓨터 프로그램을 잘 아는 교사들도 컴퓨터를 활용한 수업을 어떻게 계획하고 실행하는지 교육받지 못한다면, 경험이 적은 교사에 비해 컴퓨터를 활용한 수업을 더 잘 설계하지 못하는 것으로 나타났다. 유사하게 VR/AR 등을 포함한 다양한 스마트 도구를 활용한 수업 사례를 접하고 그 도구를 활용한 수업을 개발하는 과정에 참여했던 초등 예비 교사 또한 스마트 도구에 많은 관심과 활용 능력을 보여줬음에도 불구하고 실제 수업 계획에서는 도구를 지시적인 방식으로 활용하는 경우가 많았다(강은희, 2018).

한편, 교육부에서는 스마트화 기술(VR, AR 등) 등을 과학 수업과 탐구 활동에 활용·적용할 수 있는 역량을 강화하기 위한 노력으로 혁신 연수의 필요성을 강조하고 있으며(교육부, 2020), 2022 개정 교육과정 운영과 관련하여 교사의 디지털 에듀테크 활용 역량이 함양될 수 있도록 관련 교사 연수가 지원될 것을 언급하였다(교육부, 2021). 하지만 기존 교사 연수 과정은 배운 지식과 정보를 실제 수업에 적용해 볼 수 있는 기회를 제공하지 않아 교사들이 학교 현장으로 돌아갔을 때 배운 지식을 실행으로 연결하는 것이 쉽지 않다는 지적이 있었다(Zhao *et al.*, 2002). 또한, TPACK 측면에서 교사 전문성은 교사들이 특정 테크놀로지를 교육 상황에서 어떻게 적용하고 실행하는지가 더 중요하기 때문에(이다희와 황우현, 2018; Ertmer *et al.*, 2015; Papanikolaou *et al.*, 2017), 교사들이 실제로 수업을 계획하고 실행하는 것이 교사 연수의 중요한 요소라고 볼 수 있다. 실제로 초등 교사들은 실감형 콘텐츠를 활용한 구체적인 수업 사례 중심 그리고 수업 주제와 관련하여 바로 활용할 수 있는 실감형 콘텐츠를 직접 실습해 보는 연수가 이루어져야 하며, 실감형 콘텐츠 유형별로 적용해 볼 수 있는 적절한 수업 모형이 제공되기를 원하였다(차현

정 등, 2022).

따라서 VR/AR을 활용한 과학 수업의 교육 현장 확산을 위해서는 교사들에게 테크놀로지 활용을 위한 충분한 지식과 정보가 제공되어야 하며 교사나 예비 교사가 직접 수업을 계획해 보고 실행해 봄으로써 TPACK 역량을 함양할 수 있는 교사 교육 프로그램이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업을 위한 교사 교육 모델 및 원리를 개발하고 초등 예비 교사를 대상으로 적용하여 그 과정과 결과를 분석함으로써 VR/AR 콘텐츠 활용 TPACK 함양을 위한 교사 교육 모델에 대한 구체적인 시사점을 얻고자 한다. 이를 위한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, VR/AR 콘텐츠 활용 TPACK 역량을 증진하기 위한 교사 교육 모델은 어떻게 구성할 수 있는가?

둘째, 위의 교사 교육 모델을 적용한 수업에 참여한 초등 예비 교사의 모델에 대한 의견은 어떠한가?

셋째, 위의 교사 교육 모델을 적용한 수업에 참여한 초등 예비 교사의 VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식에는 어떠한 변화가 나타나는가?

## II. VR/AR-TPACK 함양을 위한 교사 교육 모델 개발

이 연구에서는 VR/AR-TPACK 역량을 높일 수 있는 교사 교육 모델을 구체적으로 개발하기 위해 기존의 TPACK 함양 교사 교육 모델을 조사하고 그 특징을 살펴보았다. 선행연구에서 제시된 TPACK 함양 주요 모델로 4가지가 추출되었으며 각 모델의 특징과 단계를 살펴보았다(Table 1).

### 1. TPACK-COPR 모델

Jang and Chen(2010)은 예비 과학 교사의 TPACK을 발달시키기 위해 4개의 단계로 구성된 TPACK-COPR (TPACK Comprehension, Observation, Practice and Reflection) 모델을 개발하였다. 첫 번째 활동(TPACK-C)은 TPACK 개념과 이론을 이해하는 과정이다. 그룹별로 교과서의 주제와 내용을 탐색하고 전통적인 교수법으로는 가르치기 어려운 주제가 무엇인지 알아보고 TPACK의 개념과 이론을 학습한다. 두 번째 활동(TPACK-O)은 첫 번째 활동에서 학

**Table 1.** Teacher education models for TPACK development

TPACK 교사 교육 모델	주요 단계	내용
A TPACK-COPR 모델 (Jang & Chen, 2010)	Comprehension (TPACK-C)	TPACK 개념과 이론의 이해
	Observation of Instruction (TPACK-O)	테크놀로지를 활용하는 경력 교사의 수업 관찰
	Practice of instruction (TPACK-P)	예비 교사가 테크놀로지 활용 수업을 계획하고 실행
	Reflection of TPACK (TPACK-R)	자신의 수업을 녹화하여 수업 실행을 평가
B TPACK-IDDIRR 모델 (Lee & Kim, 2014)	Introduce TPACK	TPACK 개념과 각 영역에 대한 이해
	Demonstrate a TPACK-based lesson	교수자가 직접 실행하는 테크놀로지 활용 수업 관찰
	Develop a TPACK-based lesson	예비 교사가 그룹별로 테크놀로지 활용 수업 계획
	Implement the TPACK-based lesson	예비 교사가 계획한 수업 실행
	Reflect the TPACK-based lesson	수업 동영상 활용, 수업 실행에 대한 성찰
C 협력 강화 TPACK 프레임워크 (Yeh <i>et al.</i> , 2021)	Design of technology-enhanced instruction (Teacher Collaborative Discourse)	협력적 담화의 공동 목표 설정, 그룹에서 산출한 결과물 분석 및 토론, 개인의 지식과 성찰 공유
	Enactment (Design-Enact, individually located)	개인 교사의 수업 계획과 실행, 위의 단계와 순환
D Technology Mapping 모델 (Angeli & Valanides, 2009)	Topic selection	학생들에게 가르치기 어려웠던 주제를 선정, 수업 목표 설정
	Mapping (Tool affordances-Representations-Pedagogy-Learners)	테크놀로지 도구의 어포던스, 가르치는 특정 내용의 표상, 교수법, 학습자의 요구 사이의 적절한 연결 탐색
	Transformation	가르쳐야 할 내용의 변형

습한 TPACK 이론과 실행을 통합하기 위한 과정으로, 경력 교사의 수업을 관찰하는 단계이다. 테크놀로지를 활용하는 경력 교사의 수업을 관찰하면서 예비 교사는 자신이 학습한 이론의 관점에서 수업을 분석하고 관찰 일지를 쓴다. 시범 수업이 끝난 후 다함께 경력 교사의 수업 실행에 대해서 논의한다. 세 번째 활동(TPACK-P)은 예비 교사들이 직접 테크놀로지를 활용한 수업을 설계하고 실행해 보는 단계이다. 네 번째 활동(TPACK-R)은 자신의 수업 실행을 녹화한 동영상을 동료 예비 교사와 함께 공유하고 관찰하면서 수업 실행을 평가해 보는 단계이다. 이러한 과정을 통해 예비 교사는 자신의 수업 계획과 실행에 대해 성찰할 수 있다.

## 2. TPACK-IDDIRR 모델

Lee and Kim(2014)은 교사의 설계 기반 학습(learning by design approach)에 주목하고 교사의 TPACK 학습을 촉진할 수 있는 수업 설계 모델(instructional design(ID) model)을 제안하였다. 6단계로 이루어진 TPACK-IDDIRR (Introduce, Demonstrate, Develop, Implement, Reflect, and Revise) 모델에서는 하나의 특정 교과가 아닌 다교과(multidisciplinary)가 융합된 상황에서의 테크놀로지 활용에

중점을 두었다. TPACK-IDDIRR 모델은 크게 교수자 중심 부분과 예비 교사 중심 부분으로 나뉘며, 교수자 중심 부분 중 첫 번째는 소개(Introduce) 단계로 교수자가 예비 교사들에게 TPACK 각 영역의 의미와 내용을 설명하고 각 영역에 해당하는 예시를 소개한다. TPACK 영역 중에서도 CK, PK, TK가 TPACK의 통합적인 이해에 기반이 되기 때문에 이 세 영역의 설명에 좀 더 초점을 둔다. 두 번째는 시범(Demonstrate) 단계로 예비 교사들은 교수자가 직접 실행하는 TPACK 기반 수업을 관찰한다. 다음 세 번째 단계부터는 예비 교사 중심의 단계이다. 세 번째 단계는 개발(Develop) 단계로 예비 교사들은 소그룹별로 이전 두 단계에서 학습한 내용을 바탕으로 TPACK 기반 수업 계획을 직접 개발해 본다. 네 번째는 실행(Implement) 단계로 그룹 내에서 자신들이 계획한 수업을 직접 실행해 보고 이후 이루어질 수업 성찰(Reflect)을 위해 수업 실행 과정을 동영상으로 촬영한다. 다섯 번째는 성찰(Reflect) 단계로 그룹별로 촬영한 수업 실행 동영상을 다시 보면서 수업을 반성해 보고 수업의 장단점을 논의한다. 마지막 여섯 번째는 수정(Revise) 단계로 그룹 내에서 이루어진 성찰과 피드백을 바탕으로 수업 계획을 수정한다. 그런 다음 각 그룹은 수정된 수업을 다시 실행해 보고 성찰 단

계와 수정 단계를 반복한다. 즉, 실행, 성찰, 수정의 단계는 반복적으로 수행된다.

### 3. 협력 강화 TPACK 프레임워크

Yeh *et al.*(2021) 연구에서는 Lee and Kim(2014)와 유사하게 설계 기반 학습(Learning by design)에 주목하였다. 하지만 기존 연구에서 교사들이 수업을 계획해 보는 과정에서 나타나는 협력적 담화(collaborative discourse)의 중요성을 간과한 점을 지적하였다. 이들은 문헌 연구를 통해 교사의 협력적 담화를 구조화하고 촉진하기 위한 네 가지의 전략으로 첫째, 협력적 담화에 필요한 지식을 갖추기, 둘째, 협력적 담화의 공동 목표를 설정하기, 셋째, 그룹으로 산출한 결과물을 분석하고 토론하기, 넷째, 협력적 담화 과정에서 자신들의 성찰을 공유하기를 제안하였다. 이러한 전략을 바탕으로 교사 개인의 TPACK 발달에 있어 교사들의 협력적 담화 과정에서 이루어지는 지식의 공유와 상호작용의 중요성을 강조한 협력 강화 TPACK (Collaboration-enriched TPACK) 프레임워크를 제안하였다. 이 모델에서는 협력적으로 구성되고 공유되는 집단적 TPACK의 중요성을 강조하는데 집단적 TPACK에 따라 개인 교사의 TPACK의 질이 영향을 받는다고 보았다.

### 4. Technology Mapping (TM) 모델

Angeli and Valanides(2009)는 TPACK 프레임워크에서 인식론적(epistemological) 관점의 고려가 필요하며 그에 기초하여 TPACK 구성요소의 이론적 개념화가 이루어져야 함을 주장하였다. 또한 Angeli and Valanides(2009)는 TPACK 그 자체를 하나의 고유한 지식 체계로 보는 관점을 변혁적(transformative) 관점, 개별 지식 요소가 통합되어 나타나는 지식 체계로 보는 관점을 통합적(integrative) 관점이라고 명명하고, 기존의 연구에서는 TPACK을 하나의 고유한 지식 형태로 보지 않고, 교사가 가지고 있는 각각의 지식이 교수 과정에서 통합되어 나타나는 지식 형태로 바라보았다는 점을 비판하였다. 그들은 TPACK의 변혁적 관점을 지지해 주는 경험적 연구 결과(Angeli and Valanides, 2005, 2009; Valanides and Angeli, 2008a, 2008b)를 기반으로 상황적 관점의 수업 설계(situative instructional instructional design) 모델인 테크놀로지 맵핑(Technology Mapping: TM) 모

델을 제안하였다. 이 모델의 핵심은 실행 맥락에서의 수업 설계를 통해 교사의 사고가 발전할 수 있다는 점이다. 즉, 상황적 관점의 수업 설계는 객관적일 수 없으며 도구 어포던스(affordance), 내용, 교수법적 지식, 학습자 등과 같은 맥락 특정적인(context-specific) 요소들을 고려해야 한다는 것이다. TM 모델의 구체적인 단계는 우선, 특정 주제 영역에서 학생들에게 가르치기 어려웠던 주제를 생각해 보는 것이다. 예비 교사의 경우 학생의 대안적 개념과 개념 변화와 관련된 문헌을 참고해 볼 수도 있다. 다음으로, 학습자의 대안적 개념을 기초로 내용과 수업 목표를 연결 짓는다. 마지막은 교사가 해당 내용을 학생들에게 가르칠 수 있도록 반복적으로 수업을 설계 과정이다. 교사는 도구의 어포던스를 탐색하고 학생들에게 가르칠 내용을 적절한 표상(representation)으로 변환시키며 학생들의 요구에 맞춰 조정한다. 그리고 다양한 교수 전략을 선택하여 해당 표상을 활용하는 방법을 계획한다. 이 단계의 핵심은 맵핑(mapping)이며, 맵핑은 도구의 어포던스, 가르치는 내용의 표상, 교수법, 학습자의 요구 사이의 연결을 만드는 과정이다. 반복적이고 복잡한 맵핑 단계를 거치게 되면 최종적으로 가르쳐야 할 내용의 변형(transformation)이 이루어지게 된다.

위와 같은 TPACK 함양 교사 교육 모델을 탐색한 결과 VR/AR 활용 역량 증진 모델에서 중요하게 고려해야 할 점은 다음과 같았다. 첫째, TPACK에 영향을 미치는 구성요소에 대한 이론적이고 경험적인 이해가 선행되어야 한다. 둘째, 특정 테크놀로지를 활용하여 직접 수업을 계획해 보기 전에 경력 교사의 수업을 관찰하고 수업의 특징과 장단점에 대해서 논의해 보는 것이 도움이 된다. 셋째, 예비 교사들이 특정 테크놀로지를 활용하여 수업을 계획하되, 협력적 담화가 이루어질 수 있는 그룹 기반 계획 활동이 이루어져야 한다. 넷째, 그룹별로 계획한 테크놀로지 활용 수업을 직접 실행해 보아야 한다. 다섯째, 직접 실행해 본 수업에 대한 성찰이 이루어져야 하며 수업에 대해 받은 피드백과 성찰 내용에 기반하여 수업을 개선해 나가는 과정이 필요하다.

한편, 앞서 살펴본 교사 교육 모델은 일반적인 테크놀로지를 활용할 수 있는 TPACK 역량 함양에 초점을 두고 있어, VR/AR를 활용하는 수업 역량 증진 모델의 세부내용을 도출하기 위해 VR/AR 활용과 관

련된 선행연구를 추가로 탐색하였다. 우선, 교육대학교 4학년 예비 초등 교사가 스마트 도구(예: 미러링, VR/AR)를 활용한 수업을 개발하는 과정에서 나타난 스마트 도구에 대한 인식과 활용 양상을 분석한 연구(강은희, 2018)에 의하면 예비 초등 교사들은 스마트 도구에 관해 많은 관심과 활용 능력이 있었으며, 스마트 도구가 과학 수업에서 효과적으로 활용될 수 있음을 인식하였다. 하지만, 실제로 예비 교사들이 계획한 수업에서는 스마트 도구를 지식적인 방식으로 활용하는 경향이 많았다. 연구자는 예비 초등 교사들이 보이는 인식과 실행 간의 차이에 대해 예비 초등 교사가 이상적으로 생각하는 학습을 구현하는 데 있어 스마트 도구를 적절하게 활용하는 방법을 구체적으로 알지 못하고 혼란이 부족했기 때문이라고 해석하였다. 따라서 실제 수업이 어떻게 실행되며 그 과정에서 스마트 도구를 어떻게 활용하는지에 대한 실제적인 연습이 필요함을 강조하였다. 다음으로, 실감형 콘텐츠를 많이 활용하는 초등 교사들의 인식과 요구를 탐색한 연구에서(차현정 등, 2022), 교사들은 VR/AR 콘텐츠를 활용한 수업 계획 시 고려해야 할 사항을 다음과 같이 지적하였다. 첫째, VR/AR 콘텐츠 활용 수업 사례를 많이 탐색해 보고 직접 수업을 계획하고 반성할 기회가 있어야 한다. 둘째, 실감형 콘텐츠를 위한 과학 수업이 아닌 성취 기준을 달성하는데 도움이 되도록 실감형 콘텐츠를 활용해야 한다. 이를 위해서는 교사가 해당 콘텐츠를 수업에서 활용하기 전 충분히 활용해 보고 콘텐츠에 담긴 내용을 확실하게 파악하며 능숙하게 조작할 수 있어야 한다. 또한 특정 실감형 콘텐츠로 어떻게 수업을 계획할지에 대한 충분한 고민과 노력이 필요하다. 마지막으로, 초등 예비 교사들이 VR/AR 콘텐츠를 활용한 과학 수업을 계획하는 과정을 탐색한 연구에 의하면(차현정 등, 2023), 전반적으로 초등 예비 교사들은 VR/AR 콘텐츠를 사용하는데 필요한 기기의 활용, 수업에서 다루는 과학적 개념 및 현상 그리고 학습자를 충분히 고려하지 못하는 경향을 보였다. 연구자들은 초등 예비 교사들에게 VR/AR 콘텐츠가 가지는 교육적 어포던스를 파악해 보고 그에 적합한 수업 특히, 탐구적으로 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 수업을 계획해 보는 것의 중요성 및 수업 계획에 대한 성찰의 중요성을 강조하였다.

선행연구 결과를 종합했을 때, VR/AR 콘텐츠를 활

용하는 수업을 계획하고 실행할 수 있는 역량 증진 모델에 반영되어야 하는 요소는 다음과 같았다. 첫째, 구체적인 과학 수업 맥락을 기반으로 하여 콘텐츠의 내용, 구성, 사용법 등을 탐색하고 해당 콘텐츠가 가지고 있는 교육적 어포던스(affordance)를 파악하여야 한다(Guzey & Roehrig, 2009; Niess, 2005). 둘째, VR/AR 콘텐츠를 활용하여 과학 수업을 계획해 보기 전, 실제 학교 현장에서 특정 콘텐츠가 어떤 식으로 적용되고 활용되고 있는지 구체적인 수업 사례를 접해야 한다(Bandura, 1977; Merrill, 2007). 셋째, 특정 주제에 적합한 콘텐츠를 탐색적이고 상호작용적인 방식으로 활용하여 수업을 계획해 보는 실제적인 연습이 필요하다(Wekerle & Kollar, 2022). 넷째, 계획한 수업에 대해서 다양한 사람들의 의견을 들어보는 등의 논의 과정을 거침과 동시에 스스로 성찰을 통해 수업을 수정하고 보완하는 기회가 있어야 한다(Barret & Green, 2009; McLellan, 1996).

주요 교사 교육 모델과 VR/AR 콘텐츠 활용 맥락에서 이루어진 선행연구 결과를 종합하여 이 연구에서는 아래와 같이 VR/AR-TPACK 함양을 위한 교사 교육 모델(Fig. 1)과 각 단계의 주요 원리(Table 2)를 도출하였다.

VR/AR-TPACK 함양을 위한 교사 교육 모델은 ‘탐색/경험’-‘맵핑’-‘협력적 설계’-‘실행’-‘성찰 및 개선’ 총 5단계로 구성되며, 각 단계의 내용은 다음과 같다. 첫째는 ‘탐색/경험’ 단계로 이 단계에서는 수업 계획에 활용할 수 있는 다양한 VR/AR 콘텐츠를 직접 체험해 보고 해당 테크놀로지가 가지고 있는 교육적 어포던스를 탐색한다. 기존 TPACK 교사 교육 모델(Jang & Chen, 2010; Lee & Kim, 2014)에서는

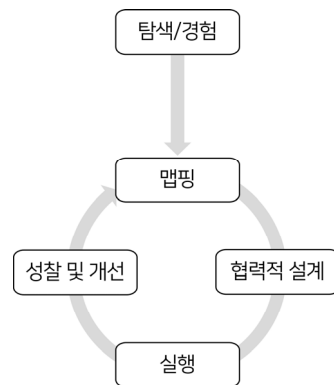


Fig. 1. VR/AR-TPACK model

**Table 2.** The steps and principals of the VR/AR-TPACK model

단계	주요 내용
탐색/경험(Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학 수업 맥락에서 VR/AR 콘텐츠를 직접 체험해 본다.</li> <li>- VR/AR 콘텐츠를 탐색해 보며 콘텐츠의 내용, 장단점 등을 파악한다.</li> <li>- 테크놀로지가 가진 교육적 어포던스(affordance)를 탐색한다.</li> </ul>
맵핑(Mapping)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VR/AR 콘텐츠를 활용한 여러 수업 사례를 살펴본다.</li> <li>- 그룹별로 VR/AR 콘텐츠, 학습 주제, 교수 전략 간의 다양한 맵핑(mapping)을 시도한다.</li> </ul> <p>[방식1] 학습 주제 VR/AR 콘텐츠 교수 전략                      [방식2] VR/AR 콘텐츠 학습 주제 교수 전략                      [방식3] VR/AR 콘텐츠 교수 전략 학습 주제</p>
협력적 설계(Collaborative Design)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VR/AR 콘텐츠를 효과적으로 활용할 수 있는 과학 수업을 협력적으로 설계한다.</li> </ul>
실행(Practice)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계한 수업을 직접 학교에서 실행하거나 모의 수업으로 실행해 본다.</li> </ul>
성찰 및 개선(Reflection)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수업 계획과 실행의 결과를 반성적으로 성찰한다.</li> <li>- 수정된 수업 계획과 성찰 내용을 다른 (예비)교사와 공유한다.</li> </ul>

TPACK 이론과 TPACK 구성요소를 학습하는 것에 초점을 두었지만 정작 교사가 실제로 활용해야 하는 테크놀로지에 대한 학습은 고려하지 못한 한계가 있었다. 이 연구에서 새로 제안하는 모델에서는 Angeli and Valanides(2009)에서 강조하는 맵핑을 중요한 단계로 설정하였다. 따라서 VR/AR 콘텐츠, 학습 주제, 교수 전략 간의 맵핑이 이루어지기 위해서는 도입에 해당하는 ‘탐색/경험’ 단계에서 VR/AR 콘텐츠를 직접 조작해 보며 사용법을 익히고 VR/AR 콘텐츠의 교육적 어포던스를 파악하는 것이 주요 내용이 되어야 한다고 판단하였다. 이는 구체적인 과학 수업 맥락을 기반으로 하여 콘텐츠의 내용, 구성, 사용법, 장·단점 등을 탐색하고 해당 콘텐츠가 가지고 있는 교육적 어포던스를 파악하여야 한다는 선행연구 결과(강은희, 2018; 차현정 등, 2022; 차현정 등, 2023; Guzey & Roehrig, 2009; Niess, 2005)를 반영하는 것이기도 했다. 또한 교사 간의 협력적 담화가 교사 개인의 TPACK 함양에 긍정적인 영향을 미친다는 Yeh *et al.*(2021)의 관점에 따라 VR/AR 콘텐츠를 탐색하고 경험하는 첫 단계에서부터 마지막 단계까지의 모든 활동은 협력적 담화가 이루어질 수 있는 그룹 활동으로 계획되었다. 둘째는 ‘맵핑’ 단계로 기존 TPACK 모델(Jang & Chen, 2010; Lee & Kim, 2014)에서는 경력 교사의 수업을 관찰하고 해당 수업에 대한 장·단점을 파악하고 논의해 보는 것에 그쳤으나, 맵핑의 핵심은 수업을 계획하고 실행할 교사가 직접 탐색해 본 VR/AR 콘텐츠, 자신들이 선정한 학습 주제와 교수 전략에 기반하여 즉, 맥락 특정적인(context-specific) 요소에 기반하여 그것들의 관계를 고려해 보는 것이므로 그룹별로 다양한 맵핑을 시도해 볼

수 있는 기회를 제공하는 것을 주요 내용으로 하였다. 또한 실제 수업을 계획해 보기 전 구체적인 수업 사례를 접해보는 것 역시 주요 요소이므로(차현정 등, 2022; Bandura, 1977; Merrill, 2007), VR/AR 콘텐츠를 활용하여 계획된 여러 수업 사례를 살펴보고 평가하는 것도 맵핑 단계의 내용에 포함하였다. 셋째는 ‘협력적 설계’ 단계로 대부분의 TPACK 모델에서 수업 설계는 필수 단계였으나 Yeh *et al.*(2021)의 협력적 담화 중요성을 반영하여 단순 실행이나 개발이 아닌 협력적 설계라고 명명하여 단계를 설정하였다. 이전 단계에서 그룹별로 충분한 맵핑 과정을 거친 것을 기반으로 최종적으로 VR/AR 콘텐츠, 학습 주제, 교수 전략을 적절하게 조합하여 협력적으로 수업을 설계한다. 이 단계에서는 과학 학습인 만큼 적합한 콘텐츠를 탐구적으로 활용하여 수업을 계획해 보도록 안내하는 것이 중요한 부분이다(강은희, 2018; 차현정 등, 2022, 2023; Wekerle & Kollar, 2022), 넷째는 ‘실행’ 단계로 협력적으로 설계한 수업을 직접 학교에서 실행하거나 실제 수업 실행이 불가능한 경우 마이크로 티칭과 같은 모의 수업 또한 TPACK의 함양과 발달에 영향을 미치므로(Billici *et al.*, 2016; Jaipal & Figg, 2010; McCorry, 2008) 모의 수업을 실행해 보는 것으로 내용을 구성하였다. 마지막은 ‘성찰 및 개선’ 단계이다. 교사의 성찰은 TPACK을 포함하여 교사 수업 전문성 향상과 관련된 다양한 선행연구에서 익히 강조된 내용이다(차현정 등, 2022, Barret & Green, 2009; Lee & Kim, 2014; McLellan, 1996; Jang & Chen, 2010). 또한 그룹별로 계획한 수업을 반성하고 수정하는 것 외에 협력적 담화의 촉진(Yeh *et al.*, 2021)과 지식 확산을 위해 수정된 수업 계획과

성찰 내용을 다른 교사 혹은 예비 교사들과 공유하는 것 또한 성찰 및 개선 단계의 주요 내용에 포함하였다.

### III. VR/AR-TPACK 교사 교육 모델 적용 사례

TPACK 함양 관련 교사 교육 모델과 선행연구를 기반으로 개발된 VR/AR-TPACK 모델을 실제 교사 교육 현장에 적용하여 초등 예비 교사들의 ‘탐색/경험’-‘맵핑’-‘협력적 설계’-‘실행’-‘성찰 및 개선’ 각 단계에 대한 의견과 그들의 인식 변화 양상을 탐색하여 교사 교육 모델로서의 가능성을 파악하였다.

#### 1. 연구 참여자 및 연구 맥락

이 연구에서 개발된 교사 교육 모델을 2023학년도 1학기 수도권 소재 교육대학교의 정규 강좌에 적용해 보았다. 해당 강좌는 교육대학교 2학년 사회과 25명의 학생이 수강하였으며 2학점 주당 2시간으로 운영되었다. VR/AR 콘텐츠를 과학 수업에 활용하는 교사의 역량에 내용 지식(content knowledge)도 영향을 미치므로(Koehler & Mishra, 2009) 예비 교사들

의 고등학교 과학 교과 선택 과목과 대학수학능력시험에서의 선택 과목을 조사하였다. 25명의 예비 교사 중 일반 선택 과목으로 과학 교과를 이수한 학생은 20명이었고, 생명과학 I이나 지구과학 I만을 이수하거나 물리학 I, 화학 I, 생명과학 I, 지구과학 I, 지구과학 II을 이수한 학생까지 이수 과목의 종류는 다양하였다. 대학수학능력시험에서 과학 탐구 영역을 선택한 예비 교사는 10명(물리학 I 3명, 생명과학 I 7명, 지구과학 I 10명)이었다. 교사 교육 모델을 적용하기 전 연구의 내용과 목적을 자세하게 설명하였고 모든 예비 교사가 연구 참여에 동의하였다. 교사 교육 모델 적용을 위한 해당 강좌의 구성은 Table 3과 같다.

강좌 1~4주 차에는 초등 과학 교육의 목적, 과학적 방법, 과학과 교육과정 등 초등과학교육과 관련된 이론을 다루었다. 예비 교사들이 처음으로 초등과학 교육의 이론과 실재를 접하는 강좌였기 때문이었다. VR/AR 콘텐츠를 활용하여 과학 수업을 계획하기 위해서는 과학과 교육과정 또한 파악하고 있어야 하므로 그룹별로 2015 개정 과학과 교육과정과 2022 개정 과학과 교육과정을 비교·분석해 보았다. 예비 교사들의 의사를 반영하여 그룹원을 구성하였고 강좌

Table 3. Main activities in the course

주차	주요 수업 내용	주요 활동 및 과제
1~4주	<ul style="list-style-type: none"> <li>강좌 안내</li> <li>초등 과학 교육의 목적</li> <li>과학적 방법과 과학과 교육과정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>[과제1] 안내: 그룹별 과학과 교육과정 비교·분석</li> </ul>
5~6주	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학탐구의 맥락과 중요성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>15 개정과 22 개정 비교 분석 및 논의: ‘지구와 우주’ 영역 - 각 영역(고체지구, 유체지구, 천체)의 성취 기준, 탐구 활동 발표 - 2022 개정 과학과 교육과정에서 달라진 점 발표</li> </ul>
7주 탐색/경험 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래 과학 교육의 맥락과 에듀테크 중요성</li> <li>VR/AR의 정의, 특징, 교육에 활용할 때의 장단점</li> <li>디지털 교과서, 사이언스올 및 다양한 VR/AR 콘텐츠</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>구글 카드보드 제작 및 체험</li> <li>디지털 교과서와 사이언스올의 VR/AR 실습</li> <li>마커 기반 AR 콘텐츠 실습</li> <li>[인식 조사] VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식 조사</li> <li>[과제2] VR/AR 콘텐츠를 효과적으로 활용할 수 있는 ‘지구와 우주’ 영역의 탐구 활동 조사</li> </ul>
8주 맵핑 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR/AR를 활용한 3개의 과학 수업 사례 안내</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3개의 과학 수업 사례에 대한 그룹별 논의 및 전체 논의</li> <li>[과제3] VR/AR 콘텐츠를 활용한 과학 탐구 수업에 적절한 구체적인 학습 주제와 콘텐츠를 하나 선정하기</li> </ul>
9주 협력적 설계 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>테크놀로지 활용 수업 계획 시 고려해야 할 사항</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별로 작성한 [과제3]에 기반하여 그룹별로 VR/AR 콘텐츠 활용 탐구 수업 계획을 위한 논의</li> </ul>
10~12주	<ul style="list-style-type: none"> <li>교육 실습 참가 및 관련 활동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교육 실습 참가 및 관련 활동</li> </ul>
13주 실행 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>모의 수업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>그룹별 모의 수업 실행 및 피드백</li> </ul>
14주 성찰 및 개선 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>모의 수업 계획 및 실행에 대한 그룹별 성찰</li> <li>강좌에 대한 개별 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>[인식 조사] VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식 조사</li> <li>[과제4] 모의 수업 계획 및 실행에 대한 성찰 일지 작성</li> </ul>



가 끝날 때까지 같은 그룹원으로 활동에 참여하였다. 5~6주 차에는 다양한 과학 탐구에 대한 이론을 안내하였다. 7주 차부터 VR/AR-TPACK 교사 교육 모델이 적용되었으며 7주는 ‘탐색/경험’ 단계에 해당하였다. 예비 교사들은 VR/AR의 정의, 특징, 교육에 활용할 때의 장·단점 등을 알아본 뒤, 그룹별로 구글 카드보드를 제작하고 디지털 교과서와 사이언스올<sup>1)</sup>에서 제공하는 VR/AR 콘텐츠를 직접 조작 및 실습하였다. 이 과정에서 연구 자료인 VR/AR 콘텐츠 활용에 대한 인식을 설문조사(Table 4)를 통해 수집하였다. 7주 수업을 마무리하면서 VR/AR 콘텐츠를 효과적으로 활용할 수 있는 ‘지구와 우주’ 영역의 탐구 활동을 조사하는 과제를 부여하였으며, 이는 8주 ‘맵핑’ 단계의 기초가 되는 것이었다. 8주는 ‘맵핑’ 단계로, 탐구 활동 조사 과제를 그룹별로 공유 및 논의하였으며, 특정 주제의 과학 수업에서 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 것에 대해 고민하였다. 다음으로 교수자는 성취 기준 ‘[6과09-02] 계절에 따라 별자리가 달라진다는 것을 지구의 공전으로 설명할 수 있다’를 달성하기 위해 계획된 3개의 수업지도안을 제시하고 예비 교사들이 이를 비교하여 평가해 보도록 하였다. 3개의 수업 계획은 모두 디지털 교과서과 실감형 콘텐츠 앱의 ‘계절별 별자리 관찰’ VR 콘텐츠를 활용하였으나 VR 콘텐츠를 활용하는 양상이나 수업의 흐름이 다르게 계획되어 있었다. 따라서 예비 교사들은 같은 주제와 같은 콘텐츠를 활용한 다양한 수업 계획을 탐색할 수 있었고 그룹별로 더 좋은 탐구 수업이 무엇인지에 대해서 논의하였다. 이후 교수자 주도로 예비 교사들은 VR/AR 콘텐츠(TK), 수업 주제(CK), 교수법적 지식(PK)를 맵핑해 보는 경험을 하였다. 탐구 활동을 위한 구체적인 학습 주제와 VR/AR 콘텐츠를 하나씩 정해오는 과제를 안내하였으며

이는 협력적 설계 단계의 기초가 되었다. 9주는 ‘협력적 설계’ 단계로 그룹별로 VR/AR 콘텐츠를 활용한 탐구 수업을 계획하였다. 13주 ‘실행’ 단계에서는 그룹별 수업계획서를 제출하고 15~20분 내외로 축약된, VR/AR 활용 부분에 초점을 둔 모의 수업을 하였다. 이 과정에서 학생 역할의 예비 교사는 Google 설문지를 통하여 다른 그룹의 모의 수업 계획 및 실행에 대한 피드백을 익명으로 작성하였으며 교수자는 각 모의 수업이 끝난 직후 피드백을 제공하였다. 모든 모의 수업 실연이 마무리된 후, 교수자는 익명으로 작성된 피드백의 내용을 모든 예비 교사에게 개별적으로 안내하였다. 14주는 ‘성찰 및 개선’ 단계로 그룹별로 교수자와 예비 교사의 피드백에 기반하여 수업 계획 및 실행을 성찰하였다. 그리고 교사 교육 모델이 적용된 수업에 대한 의견을 받기 위해 교수자가 강좌의 7주에서 14주의 활동을 요약·정리해 주고 각 주차가 교사 교육 모델의 어떤 단계에 해당하는지를 설명해 주었다. 다음으로 예비 교사들은 7주에서 14주 수업에 대한 의견을 개별적으로 작성하였다(Table 5). 마지막으로 VR/AR 콘텐츠 활용에 대한 인식 조사를 한 번 더 실시하였으며(Table 4), 수업 계획 및 실행에 대한 개별 성찰지를 작성하여 제출하였다.

## 2. 연구 자료 및 분석 방법

VR/AR-TPACK 교사 교육 모델에 관한 시사점을 얻기 위하여 초등 예비 교사의 VR/AR 콘텐츠 활용에 대한 인식 조사를 사전/사후에 실시하였으며(Table 4), 학기 말에 교사 교육 모델이 적용된 강좌의 과정과 활동을 되짚어본 후, 개별적으로 7주에서 14주로 이루어진 교사 교육 모델에 대한 의견을 작성하는 시간을 가졌다.

**Table 4.** Questions on background and VR/AR utilization

내용	세부 내용
예비 교사의 배경	<ul style="list-style-type: none"> <li>고등학교에서 선택한 과학 과목</li> <li>대학수학능력시험에서 선택한 선택 과목</li> </ul>
VR/AR 활용에 대한 인식	<ul style="list-style-type: none"> <li>초등 과학 수업에서 VR/AR 콘텐츠의 활용이 필요하다고 생각하나요? 그 이유는 무엇일까요?</li> <li>자신의 과학 수업에서 VR/AR 콘텐츠를 활용해 볼 의향이 어느 정도 있을까요? 그 이유는 무엇일까요?</li> <li>자신의 과학 수업에서 VR/AR 콘텐츠를 활용하려고 할 때 가장 어렵거나 방해가 되는 요인은 무엇일까요?</li> </ul>

<sup>1)</sup> 연구 당시에는 한국과학창의재단에서 개발 및 보급하는 VR/AR 콘텐츠를 사이언스올 사이트에서 제공하였으나, 2024년 4월 현재는 ‘지능형 과학실(<https://science-on.kofac.re.kr/main.do>)’에서 해당 실감형 콘텐츠를 제공하고 있다.

Table 5. Questions on the VR/AR-TPACK model

내용	세부 내용
수업 내용 및 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수업 중 [탐색/경험: 7주]의 내용과 방법은 어떠했나요(느낀 점, 장/단점 등)?</li> <li>• 수업 중 [맵핑: 8주]의 내용과 방법은 어떠했나요(느낀 점, 장/단점 등)?</li> <li>• 수업 중 [협력적 설계: 9주]의 내용과 방법은 어떠했나요(느낀 점, 장/단점 등)?</li> <li>• 수업 중 [실행: 13주]의 내용과 방법은 어떠했나요(느낀 점, 장/단점 등)?</li> <li>• 수업 중 [성찰 및 개선: 14주]의 내용과 방법은 어떠했나요(느낀 점, 장/단점 등)?</li> <li>• 이 강좌의 수업 내용에서 불필요한 내용이 있었다면 무엇입니까?</li> <li>• 이 강좌의 수업 내용에 추가되어야 할 내용이 있다면 무엇입니까?</li> </ul>
수업 효과	• 이 강좌의 수업이 VR/AR 콘텐츠를 효과적으로 활용하는 데 어느 정도 도움이 되었다고 생각하십니까? 도움이 되었다면 구체적으로 수업의 어떤 부분이 도움이 되었을까요?
수업 개선	• 이 강좌의 수업에서 개선될 필요가 있는 측면이 있다면 무엇을 개선하는 것이 좋다고 생각할까요?

우선, 25명 예비 교사의 의견을 모아 교사 교육 모델 단계인 ‘탐색/경험’, ‘맵핑’, ‘협력적 설계’, ‘실행’, ‘성찰 및 개선’ 단계별로 정리하였다. ‘수업 내용에서 불필요한 내용이 있었다면 무엇입니까?’와 같은 문항의 답변 내용 역시 교사 교육 모델의 각 단계에 해당하는 내용이라고 생각되는 부분을 추출하여 단계별로 정리하고, 단계별 내용을 다시 장·단점으로 구분하여 정리하였다. 단계별 내용 중 예비 교사의 생각이나 의견이 잘 드러나 있는 문장 또는 단어를 진하게 표시하는 세그멘팅(segmenting) 과정을 거치면서 개방 코딩을 수행하였다. 다음으로 자료에서 계속 나타나는 코딩을 1~2개의 주제별로 묶어 범주화하였다. 마지막으로 단계별로 나타난 코딩의 범주화 결과에서 공통으로 나타나는 주제를 종합하여 직접 경험의 중요성, 맵핑의 중요성, 협력적 담화의 중요성 세 개의 주제를 추출하였다. 한편, 이 연구는 새롭게 VR/AR-TPACK 교사 교육 모델과 원리를 개발 및 적용하여 해당 모델과 원리를 수정하여 발전시켜 나가는 것이 목적이다. 따라서 개발된 교사 교육 모델을 적용하는 과정에서 이루어지는 연구자이자 교수자로서의 경험과 관찰이 반성적 실천가(reflective practitioner)의 관점에서의 연구 자료로 쓰일 수 있다고 보았다(Dewey, 1933; Schön, 1983). 따라서 수업 7주에서 14주의 연구 과정 동안 작성한 교수자의 연구 일지를 연구 자료로 포함하였으며 예비 교사들이 작성한 모델에 대한 의견 자료에 상호보완적으로 활용하였다. 두 번째로, 교사 교육 모델이 적용된 강좌에 참여한 초등 예비 교사의 인식 변화 양상을 살펴보기 위해 7주 차와 14주 차에 실시한 설문조사 결과에 기반하여(Table 4) VR/AR 활용에 대한 인식이 어떻게 변화하였는지 정리하였다. 예비 교사의 설문 내용 중

부정적 혹은 긍정적 인식된 내용이나 이에 대한 원인이 잘 나타난 문장이나 핵심어를 표시하는 세그멘팅(segmenting)하면서 이 역시 개방 코딩 작업을 거쳤다. 다음으로 개방 코딩한 자료를 주제별로 묶어 예비 교사의 인식 변화 양상을 3개의 주제로 범주화하였다. 각 분석 과정에서 연구자별로 분석한 결과를 공유하고 논의 과정을 거치면서 합의를 이루는 방식으로 분석 결과의 타당성을 확보하고자 하였다.

### 3. 교사 교육 모델 적용 결과

#### 1) 교사 교육 모델에 대한 의견

초등 예비 교사들은 ‘탐색/경험’-‘맵핑’-‘협력적 설계’-‘실행’-‘성찰 및 개선’으로 이루어진 교사 교육 모델에 대해 대부분 긍정적인 의견을 제시하였다. 초등 예비 교사들의 교사 교육 모델에 대한 의견 중 대표적인 내용을 정리하면 Table 6과 같다.

우선 ‘탐색/경험’ 단계에서 예비 교사들이 준 의견은 두 가지로 나눌 수 있었는데 구글 카드보드를 직접 만들고, 교육용 VR/AR 콘텐츠를 체험해 본 그 자체가 흥미롭다는 것과 교사 입장에서 수업에 활용할 VR/AR 콘텐츠의 특징, 장·단점, 활용 시 유의점을 직접 경험해 보고 더 나아가 학생 입장에서 겪을 수 있는 불편함을 미리 파악할 수 있었던 점에 대해 긍정적인 의견을 주었다. ‘맵핑’ 단계에 대해서는 VR/AR 콘텐츠 자체를 파악한 것에 기반하여 실제 교수·학습 상황에서 해당 콘텐츠를 특정 주제와 특정 수업 전략과 연결할 수 있는지를 탐색할 수 있었던 점과 VR/AR 활용 수업지도안을 작성하는 방법을 구체적으로 안내받은 점에 대해 긍정적인 피드백을 하였다. ‘협력적 설계’ 단계에서는 VR/AR을 활용한 수업

**Table 6.** Pre-service elementary teachers' feedback on VR/AR-TPACK Model

단계	초등 예비 교사의 의견
탐색/경험 (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구글 카드보드를 직접 만들고, 교육용 VR/AR 콘텐츠를 체험해 보는 것 그 자체가 흥미로웠다.</li> <li>• 가르칠 학생 입장에서 VR/AR 콘텐츠를 조작해 본 것이 좋았다.</li> <li>• 해당 콘텐츠의 특징, 장단점, 실제 사용했을 때 발생할 수 있는 상황 등을 경험할 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 안정적이지 못한 강의실 무선 인터넷과 태블릿이나 스마트폰의 운영체제에 따라 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 것에 차이가 있었던 점은 불편하였다.</li> </ul>
맵핑 (Mapping)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VR/AR 활용 수업지도안의 예시를 직접 살펴보고, 수업지도안을 작성하는 방법을 구체적으로 알게 되어서 좋았다.</li> <li>• VR/AR 콘텐츠가 실제 수업에서 어떻게 활용될 수 있을지를 구체적으로 탐색할 수 있어서 좋았다.</li> </ul>
협력적 설계 (Collaborative Design)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수업 주제를 결정하고 주제에 적합한 VR/AR 콘텐츠를 선정하고 전체적인 수업 흐름을 어떻게 구성할지를 혼자가 아닌 조별로 논의하여 좋았다.</li> <li>• 조별 논의 과정에서 다양한 의견을 들을 수 있어서 좋았고 VR/AR의 단순 활용이 아닌 콘텐츠를 활용하여 교육하는 방법에 대해 고민할 수 있어서 좋았다.</li> </ul>
실행 (Practice)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계획한 수업을 처음으로 모의 수업을 통해 실제로 실행해 보아서 그 자체가 좋았다.</li> <li>• 모의 수업을 직접 진행할 수 있어서 실제 초등학교 수업과 연관시킬 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 다른 모의 수업에 학생으로 참여하여 교사가 VR/AR을 다양하게 이용하는 것을 관찰할 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 다른 조가 모의 수업하는 모습을 보면서 우리 조의 VR/AR 콘텐츠를 이용한 모의 수업을 되돌아볼 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 강의실 무선 인터넷 문제로 콘텐츠 사용이 원활하지 못했던 점과 완벽한 모의 수업을 실현하지 못해서 아쉬웠다.</li> </ul>
성찰 및 개선 (Reflection)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모의 수업 과정에서 Google 설문지를 통해 즉각적인 피드백을 작성할 수 있는 점이 좋았다.</li> <li>• 조별 피드백을 익명으로 남길 수 있는 시스템이 좋았다.</li> <li>• 초등학교의 관점에서 피드백으로 남겨주어 VR/AR을 활용하는 수업 계획과 실행의 장단점을 객관적으로 파악할 수 있었다.</li> <li>• 여러 학우가 작성해 준 긍정적인 피드백을 모두 확인할 수 있어 더 많은 성취감을 느낄 수 있었다.</li> </ul>

을 계획할 때 혼자 계획하는 것이 아닌 조별로 의견을 나누고 논의한 후 하나의 수업을 설계할 수 있었던 점을 좋게 생각하였다. ‘실행’ 단계에서는 자신들이 계획한 수업을 처음으로 실제 수업으로 구현해 본 것 그 자체를 좋은 경험으로 생각하였고 자신들이 배운 이론을 초등학교 수업과 연관시키고 학생으로 참여하여 VR/AR 콘텐츠를 활용한 수업의 실재를 다양하게 관찰할 수 있었던 점을 긍정적으로 인식하였다. ‘성찰 및 개선’ 단계에 대해서는 모의 수업에 대한 피드백을 남기는 과정이 익명으로 이루어지고 실시간으로 이루어진 점, 동료 예비 교사들이 수업에 참여하는 초등학교의 관점에서 작성한 피드백이 수업 성찰에 도움이 된 점, 강좌에 참여한 모든 예비 교사의 피드백을 확인하여 더 많은 성취감을 얻을 수 있었던 점이 좋았다는 의견을 주었다. 예비 교사들은 각 단계의 활동에 참여함으로써 대부분 긍정적 경험을 한 것으로 보였다. 다만, ‘탐색/경험’ 단계와 ‘실행’ 단계 중 VR/AR 콘텐츠를 조작해 보는 과정에서 강의실의 Wi-Fi 문제와 기기 OS에 따른 앱 구동의 차이로 인해 VR/AR 콘텐츠 체험이 다소 제한되었던 점과 그로 인해 모의 수업 과정에서 자신들이 계획한 수업을 완벽하게 실행하지 못한 점에 대해서는 아쉬움을 표현하였다.

예비 교사의 의견과 교수자의 경험을 바탕으로 VR/AR-TPACK 교사 교육 모델을 적용과 관련하여 주요하다고 판단된 3가지 내용은 다음과 같다.

가. 직접 경험의 중요성: VR/AR 콘텐츠 탐색, 수업지도안 작성, 모의 수업 실행

교수자/연구자의 개인적인 경험과 이전 교육대학교에서의 교수 경험에 기반했을 때, 연구에 참여한 예비 교사들이 다양한 경로로 VR/AR 테크놀로지(예: VR/AR 활용 게임 등)를 경험해 본 적이 많았을 것이라고 예상하였다. 또한 수업지도안을 작성해 보고 수업지도안에 기반한 모의 수업을 해본 경험이 어느 정도는 있을 것이라 예상하였다. 하지만 연구자의 예상과는 다르게 연구에 참여한 예비 교사들은 VR/AR 콘텐츠를 조작해 본 경험, 수업지도안을 살펴보고 작성해 본 경험, 수업지도안에 기반한 모의 수업을 실행한 경험이 매우 적었다. 특히, 구글 카드보드를 직접 만들고 자신의 핸드폰을 활용하여 디지털 교과서 내의 실감형 콘텐츠와 한국과학창의재단에서 제공하는 실감형 콘텐츠를 조작해 보고 활용해 볼 때 매우 흥미로워하며 “요즘 애들은 이런 걸로 과학 공부하는 거야?”라는 반응을 보이기도 하였다. 교수자가 알려준 VR/AR 콘텐츠 외에도 youtube에 업로드

된 실감형 콘텐츠를 스스로 검색하여 체험해 보는 모습도 볼 수 있었다. 이러한 맥락으로 인해, 예비 교사들은 새로운 교사 교육 모델이 적용된 수업 과정에서 과학 수업에 적용해 볼 수 있는 VR/AR 콘텐츠를 탐색하고 수업지도안을 작성해 보고 그에 기반하여 모의 수업을 직접 실행해 본 것을 매우 긍정적으로 인식하였다. 특히, 교사 입장에서 VR/AR 콘텐츠를 어떻게 활용하며 활용할 때의 어려움은 무엇인지를 알 수 있었고, 수업 계획을 할 때 지도안은 어떻게 구체적으로 작성을 하는지, VR/AR 콘텐츠를 활용한 수업의 실재는 어떠한지를 파악할 수 있었던 점에 대해 긍정적인 의견을 많이 주었다.

VR 콘텐츠 그 자체에 대해 생각해 볼 수 있었다. VR 콘텐츠를 이용할 때는 이러한 효과가 나타나고, 이런 어려움이 있으며, 콘텐츠에는 어떤 것들이 있는지 알 수 있었기 때문에 좋다고 생각한다(S22).

여태껏 한 번도 수업 과정안을 본 적이 없었고, 더구나 VR 콘텐츠를 활용한 수업은 정말 생소했었다. 말로만 듣던 약안에 들어가는 내용과 형식에 대해 어느 정도 감을 잡을 수 있게 되어 좋았다(S9).

수업 시간에 VR을 교사가 어떻게 이용해야 할지에 대해 다양하게 관찰하고 싶었는데 다른 조가 모의 수업하는 것을 보며 경험하는 기회가 되어서 많은 것을 배워갈 수 있었다(S4).

VR/AR 콘텐츠 특히, 과학 학습에 이용할 수 있는 VR/AR 콘텐츠는 예비 교사들이 손쉽게 접하는 테크놀로지가 아니었기 때문에 이를 수업에서 활용하기 이전에 교사 자신이 충분한 경험을 하도록 한 것은 유효했던 것으로 보인다.

#### 나. 주제-VR/AR 콘텐츠-교수 전략 맵핑의 중요성

맵핑 단계는 실제 초등 과학 교사가 작성한 수업지도안을 통해 VR/AR이 어떻게 활용될 수 있는지 살펴보는 활동과 학습 주제와 VR/AR 콘텐츠, 교수방법을 효과적으로 연결해 보는 활동으로 구성된다. 교수자/연구자는 예비 교사들이 맵핑이라는 생소한 활동을 좀 더 원활하게 참여할 수 있게 첫째, 맵핑 단계 전 VR/AR 콘텐츠 활용 가능 탐구 활동 조사(Table 3, [과제2]), 둘째, 다른 초등 과학 교사가 작성한 3개의 수업지도안을 탐색하고 조별로 논의, 셋째, 활용 가능한 VR/AR 콘텐츠와 그에 맞는 수업

주제 선정(Table 3, [과제3])과 같은 세 가지의 활동을 계획하였다. 실제로 맵핑 단계에 참여한 예비 교사들은 이 중에서도 같은 주제와 같은 콘텐츠로 다르게 계획된 3개의 수업 계획 및 수업지도안을 비교해 보면서 VR/AR 콘텐츠가 실제 수업에서 어떻게 활용될 수 있을지를 구체적으로 탐색할 수 있었던 점에 대해 긍정적인 의견을 많이 표현해 주었다. 수업지도안 작성 자체의 생소함과 더불어 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 교수 학습의 실재를 많이 경험해 보지 못했던 예비 교사들에게 이 맵핑 단계의 활동이 매우 의미 있게 다가왔음을 알 수 있었다. 먼저 교수자가 3개의 수업지도안을 전체적으로 소개를 해준 뒤, 조별로 예비 교사들이 3개의 수업지도안을 살펴보고 각 수업지도안의 특징이나 장·단점을 파악해 보는 시간을 가졌다. 그 과정에서 예비 교사들 스스로 특정 콘텐츠를 다양하게 활용할 수 있음을 파악해 가는 모습과 조별로 나름 기준을 세워가며 어떤 수업이 더 좋은지에 대해 논의하는 모습을 포착할 수 있었다.

실제 수업에서 VR/AR 콘텐츠가 어떻게 활용되는지 지도안을 보며 확인하고 현장감을 느낄 수 있어 좋았다(S6).

VR/AR 콘텐츠를 이용한 수업을 구상한다는 것이 처음에는 막막했으나 실제 사례인 초등 과학 수업지도안 3안을 비교 분석해 보으로써 보다 쉽게 방향성을 잡을 수 있어서 좋았다(S25).

어떤 콘텐츠들이 마련되어 있고, 어떻게 적용하는 것인지 다양하게 많이 알 수 있게 되었던 것이 가장 인상적이었다(S22).

예비 교사에게 제공된 ‘계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭 알아보기’의 3개 수업지도안의 내용은 다음과 같다. 3개의 수업지도안에서는 모두 디지털 교과서에서 제공하는 ‘계절별 별자리 관찰’ VR 콘텐츠가 동일하게 활용되었다. 첫 번째 수업지도안에서는 VR 콘텐츠로 계절별 별자리를 관찰하며 모양을 보고 이름 맞추기를 한 후 학생들의 역할 놀이를 통해 계절별로 별자리가 달라지는 까닭을 알아보고 마지막으로 별자리 카드를 통한 게임으로 수업이 마무리되었다. 두 번째 수업지도안은 VR 콘텐츠로 계절별 별자리 관찰하고 패들렛(padlet)에 관찰 내용을 작성하여 모둠별 발표를 한 후 마지막으로 VR 콘텐츠를 다시 활용해 조별로 별자리 소개서 만들기를 하는 것으로 구성되었다. 세 번째 수업에서는 VR

콘텐츠로 계절별 별자리 관찰하고 4개 모듈에서 계절을 하나씩 담당하여 활동지에 대표적인 별자리를 야광펜으로 그리는 활동을 하였다. 다음으로는 개별 학생이 모듈의 가운데 서서 지구의 역할을 하면서 직접 계절별로 별자리가 달라지는 까닭을 직접 느껴볼 수 있는 활동으로 계획되었다. 이처럼 같은 주제와 같은 VR 콘텐츠를 활용한 수업이지만 다양한 수업 활동과 수업 방식이 구현될 수 있음을 직접 살펴보고 비교해 볼 수 있는 기회를 제공했기 때문에 예비 교사들이 긍정적인 피드백을 많이 하었다고 생각되었다. 모든 학습 주제에 대해 VR/AR 콘텐츠가 효과적인 것은 아니므로, 예비 교사들이 VR/AR의 교육적 어포던스를 평가하면서 적재적소에서 활용하는 것은 VR/AR-TPACK의 핵심적인 요소라고 할 수 있다. 또한 단순히 VR/AR 콘텐츠를 활용하기만 하는 것이 아니라 학생의 흥미나 참여, 탐구 과정에 도움이 되도록 교수 전략을 구체화하는 능력 또한 중요하다. ‘맵핑’ 단계는 이러한 역량을 키우는 과정이며 이 단계에서 특히 기존 지도안의 예시가 예비 교사에게 일종의 스캐폴딩 역할을 한 것으로 판단된다.

다. 수업 계획과 성찰에서 협력적 담화의 중요성  
기존 연구에서는 교사의 협력적 담화를 구조화하고 촉진하기 위한 전략으로 첫째, 협력적 담화에 필요한 지식을 갖추기, 둘째, 협력적 담화의 공동 목표를 설정하기, 셋째, 그룹으로 산출한 결과물을 분석하고 토론하기, 넷째, 협력적 담화 과정에서 자신들의 성찰을 공유하기를 제안하였다(Yeh *et al.*, 2021). 교수자/연구자는 Yeh *et al.*(2021)의 첫 번째 전략을 반영하여 수업 전 과정에서 개인 과제 3개를 부여하였다. 특히, 맵핑 단계에서도 언급되었던 [과제2]와 [과제3]은 수업 계획의 기반이 되었다. 또한 Yeh *et al.*(2021)의 세 번째 전략을 반영하여 매 단계 개인 과제를 바탕으로 조별로 논의하는 활동을 계획하였다. 수업을 계획하는 ‘협력적 설계’ 단계에서 가장 많은 협력적 담화가 이루어질 것이라고 예상하였으며 결과적으로 6개의 조에서 퇴적암의 생성 과정, 태양계 구성원, 계절의 변화가 생기는 이유, 달의 모양과 위치, 계절별 별자리와 같은 5개 주제를 다룬 수업이 계획되었다. Yeh *et al.*(2021)의 네 번째 전략을 반영하여 모의 수업에 실시간으로 익명의 피드백을 작성하게 하여 모든 피드백 자료를 정리하여 각 학생에게

배부하였으며 자신들이 받은 피드백에 기반하여 조별로 수업 계획 및 실행을 성찰해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 특히, Google 설문지를 통해 익명으로 피드백을 남기는 것은 우리나라의 문화를 고려함과 동시에 동료 예비 교사에게 도움이 되는 의견을 적극적으로 표현할 수 있도록 격려하기 위함이었다. 모든 피드백을 정리하여 개별 학생에게 제공하는 것은 동료 예비 교사에게 긍정적이든 부정적이든 수업 계획과 실행에 대한 피드백을 많이 받고 그에 기반하여 성찰하는 과정이 반성적 과학 교사(Nichols *et al.*, 1997; Schön, 1983) 양성에 도움이 된다고 보았기 때문이었다.

이렇게 의도된 ‘협력적 설계’ 단계에서 초등 예비 교사들은 조별로 협력하여 콘텐츠를 탐색하고 주제를 정하고 의견을 나누고 수업을 계획해 보는 과정을 의미 있게 받아들였으며 하나의 수업 계획을 위해 다 함께 고민할 수 있는 시간이 좋았다고 표현해 주었다.

콘텐츠 활용 수업을 어떻게 해야 할지 조원들과 함께 이야기해 보며 구상해 보는 과정에서 직접 수업에 대해 많은 생각을 하게 된 것 같아서 도움이 된 것 같습니다(S17).

특히, 개인이 아니라 조별로 기획하면서 다양한 의견을 공유할 수 있었고...(중략)... 단순히 활용하는 것이 아니라 교육하는 방법에 대해 고민할 수 있었던 점이 좋았다(S19).

‘성찰 및 개선’ 단계에 대해서는 교수자/연구자가 예상한 대로 모의 수업 참여 및 관찰하는 그 순간에 구글 설문지를 통해 익명으로 피드백을 작성한 점과 교수자의 피드백뿐만 아니라 많은 학생의 피드백에 기반함으로써 자신들의 수업을 객관적인 시각, 학생의 시각에서 성찰할 수 있었던 점에 대해 매우 긍정적인 의견을 주었다.

조별 피드백을 익명으로 남길 수 있는 시스템이 너무 좋았다. 피드백하는 입장에서도, 받는 입장에서도 부담 없이 의견을 공유할 수 있었다(S9).

선생님 입장에서 수업을 어떻게 구성해야 할지 많이 고민했는데 피드백을 통해서 초등학생의 입장을 설명해 줌으로써 보완해야 할 점과 강화해야 할 점을 객관적으로 찾을 수 있어서 좋았다(S4).

동료 평가에서 발견되는 점도 있는 것 같다. 서로의 성향과 성

격을 알고 있기에 그것을 바탕으로 하여 고쳐낼 점을 다양하게 적어준 것도 큰 도움이 되었던 것 같다(S8).

보통의 발표 수업이라면 교수자만 동료 평가의 결과를 보는 경우가 많은데 모두가 확인하도록 한 부분에서 자신에게 성취감을 더한 듯하다(S7).

이 강좌에서뿐만 아니라 교사 교육에서 ‘협력적 수업 설계’는 일상화되어 있다. 이는 수업 설계에 대한 개인적 부담을 줄여주며 다양한 아이디어를 끌어내는 데 효과적이다. ‘성찰 및 개선’ 단계 역시 교수자와 예비 교사뿐 아니라 예비 교사 간의 상호작용이 중요하다. 교수자뿐 아니라 참여자 모두가 함께 상호작용하며 수업 실행을 반성하고 성찰하는 분위기를 조성하는 것이 중요하며 수업에 대한 피드백을 익명으로 하도록 한 것은 이러한 협력적 성찰을 원활하게 한 요소로 보인다. 설문에서 예비 교사들은 다양한 의견 공유 및 집단적 성찰 과정에 대해 긍정적인 의견을 제시하였으나 각 단계에서 Yeh *et al.*(2021)의 연구에서 제안하였듯이 협력적 담화(collaborative discourse)의 중요성을 좀 더 명시적으로 강조하는 것이 효과적일 것으로 보인다.

## 2) 초등 예비 교사의 VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식 변화 양상

교사 교육 모델 참여 전과 후 대부분의 예비 교사는 과학 수업에서 VR/AR 콘텐츠를 활용할 필요성과 수업에서 실감형 콘텐츠를 활용할 의향에 대해 긍정적으로 응답하였다. 다만, 1명의 예비 교사는 부정적인 인식이 유지되었으며 3명의 예비 교사는 VR/AR 콘텐츠 활용의 필요성과 의향을 긍정적으로 인식하던 것이 참여 후 부정적으로 변하였다. 일부 부정적 인식이 있었지만 대부분 긍정적 인식을 유지하였으므로 긍정적 인식의 내용에서 어떤 변화 양상이 있는지를 세부적으로 살펴보고 이를 통해 3가지의 주요 변화를 파악할 수 있었다.

첫째, 교사 교육 모델 참여 전에는 VR/AR 콘텐츠를 막연하게 긍정적으로 인식했다면, 참여 후에는 VR/AR 콘텐츠의 교육적 어포던스와 장·단점을 구체적으로 파악하고 평가하려는 모습을 보였다.

수업 실연을 위해 VR/AR 콘텐츠를 찾다 보니 콘텐츠가 그리 다양하지 않고 존재하는 콘텐츠도 ‘굳이 VR/AR을 활용해야

할까? 동영상 자료로도 충분히, 오히려 더 좋은 효과를 낼 수 있지 않을까?’라는 생각이 계속해서 들었다(S15).

교실의 한정적인 공간 특성상 불가능한 탐구들도 많다. 이러한 불가능한 탐구를 가능하게 하는 게 VR/AR 콘텐츠들이다(S5).

VR/AR 콘텐츠를 활용한다면 위와 같은 시간이 줄어들어 교사의 충분한 설명 이후에도 학생들의 활동 시간을 충분히 보장해 줄 것으로 생각한다(S7).

위의 발췌문과 같이 예비 교사들은 모델 참여 후 VR/AR 콘텐츠가 기존의 동영상 수업 자료와 다르지 않거나(S15) 학생들이 실제로 탐구하는 것이 불가능한 것을 가능하게 하거나(S5) 학생들의 활동 시간이 증가한다는 등(S7)으로 구체적인 이유와 근거를 통해 VR/AR 콘텐츠를 평가하고 파악할 수 있게 되었다.

둘째, 과학 수업에서 VR/AR 콘텐츠를 활용하였을 때 겪을 수 있는 문제 상황을 직접 경험하고 파악하였으며, 교사로서 이러한 문제를 해결하는 노력이 필요함을 인식하게 되었다.

VR/AR 콘텐츠를 활용하면 필연적으로 아이들은 들뜨게 되고 화면을 통제하거나 따지하는 것을 확인할 수 있는 영상자료와 달리 VR/AR 기기에서는 학생들의 자율성이 어쩔 수 없이 부여되기 때문에 교사로서의 학생 통제가 더욱 어렵습니다(S18).

몇몇 학생들은 기기를 잘 다루기도 했지만 몇몇은 다루기 어려워해서 다른 학생들이 콘텐츠를 감상하고 탐구할 때 아무것도 하지 못하는 모습도 보였습니다. 그래서 교사로서 이러한 학생들에게 개인적으로 가서 도움을 준다던가 본격적인 수업 차시에 들어가기 전에 기기 활용법에 대해 세세한 설명을 예비 차시로 구성해 줘야겠다고 생각했습니다(S24).

학급에서 시간 내에 질서 있고 효율적으로 활동을 할 수 있는 방법에 관해서도 꾸준한 연구가 필요할 것이다(S25).

모델 참여 후 예비 교사들은 VR/AR 콘텐츠를 활용할 때 겪을 수 있는 문제 상황을 현실적이면서도 구체적으로 인식하게 되었다. 특히, 수업 환경, 수업 시간, 비용 측면, 학생 통제, 학생 기기 조작, 학생 안전 문제 등의 다양한 요소로 인해 VR/AR 콘텐츠의 활용에 어려움을 겪을 수 있다는 것을 알게 되었다. 하지만 이러한 어려움으로 인해 VR/AR 콘텐츠를 활용하지 않겠다고 응답한 예비 교사(25명 중 3명)보다는 이러한 점에 대해서 잘 대처하고 연구하여 VR/AR

콘텐츠를 활용하겠다고 응답한 예비 교사(25명 중 13명)가 훨씬 많은 것을 알 수 있었다.

셋째, VR/AR 콘텐츠를 교사가 활용할 수 있는 과학 수업의 유용한 교수 자원(resources)으로 인식하는 경향이 나타났다.

이번 모의 수업 실연을 계기로 직접 수업에 콘텐츠를 사용해 보고 하니 더욱 그 필요성이 크다는 생각이 들었습니다. 특히, 직접 관찰할 수 없는 부분을 관찰 가능하게 해준다는 점이 그 같습니다. 예를 들어 퇴적암의 형성 과정을 설명한다고 할 때, 퇴적암의 형성 과정은 직접 자연에서 관찰할 수도 없고 실험을 통해 알아보기도 힘든 과정입니다(S17).

첫 번째로 수업을 하기 위해서 준비해야 하는 활동을 VR/AR을 통해 쉽게 구성할 수 있다. 이번에 계획했던 실습에서는 VR로 개념과 관련된 자료를 제시하여 관찰 탐색을 하게 했다. 그리고 추가 자료(연구 활동)를 연계 활동으로 제공해 주고 관찰 탐색을 하도록 계획했다...(중략)... 교사가 다양하게 수업을 진행하고 프로그램을 쉽게 만들 수 있는 도우미의 역할을 하는 VR/AR 콘텐츠가 더 많이 활용되면 좋겠다고 생각하였다(S24).

예비 교사들은 교사 입장에서 VR/AR 콘텐츠의 활용 가능성을 인식하게 되었으며 교사가 다양한 자료를 알고 사용함으로써 과학 수업을 다양하게 구성하는 데 도움이 될 것으로 생각하였다.

#### IV. 결론 및 제언

VR/AR-TPACK 역량 함양 교사 교육 모델에 대한 구체적인 시사점을 얻고자 이루어진 이 연구에서는 선행연구 탐색을 통하여 교사 교육 모델과 주요 원리를 개발하였다. 또한 개발된 교사 교육 모델을 실제 교육대학교 강좌에 적용하여 모델에 대한 초등 예비 교사의 의견은 어떠한지, 모델 참여 전·후 초등 예비 교사의 인식에는 어떠한 변화가 나타났는지 탐색하였다.

우선, VR/AR-TPACK 함양을 위한 교사 교육 모델은 ‘탐색/경험’-‘맵핑’-‘협력적 설계’-‘실행’-‘성찰 및 개선’ 단계로 구성하였다. 이러한 5단계로 구성된 교사 교육 모델이 적용된 강좌에 참여한 초등 예비 교사는 교사 교육 모델의 각 단계의 내용과 활동에 대해 긍정적인 피드백을 주었다. 또한 초등 예비 교사들의 VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식은 세 가지 측면에서 변화를 보였다. 첫째, VR/AR 콘텐츠 활용

에 대해 막연하게 긍정적으로 인식하던 것에서 구체적인 교육적 어포던스를 평가하며 긍정적인 평가를 하게 되었다. 즉, 초등 과학 수업이라는 맥락을 기반으로 하여 VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식을 구체화할 수 있게 되었다. 둘째, VR/AR 콘텐츠를 조작해 보고 활용해 봄으로써 활용하기 전에는 인식하지 못했던 실제 학교 현장에서 겪을 만한 문제 상황을 직접 경험하게 되었고 이에 대한 대비가 중요하고 필요함을 인식하였다. 셋째, VR/AR 콘텐츠를 교사가 활용할 수 있는 유용한 교수 자원으로 인식하게 되었다. 이는 VR/AR 콘텐츠의 특정 주제, 특정 내용을 지도할 때 활용할 수 있는 유용한 교수 자원으로 VR/AR 콘텐츠를 바라보는 것이며 교사가 다양한 교수 자원을 이해하고 활용하는 것의 중요성을 인식한 것이라고도 볼 수 있다.

이 연구를 통해 VR/AR-TPACK 모델과 모델이 적용된 교사 교육 프로그램에 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 특정 테크놀로지를 활용할 수 있는 능력이 함양되기 위해서는 해당 테크놀로지를 직접 경험하는 단계가 필수적이라는 점을 확인할 수 있었다. 특히, 교사나 예비 교사가 많이 활용하지 않았던 테크놀로지에 대해서 이 단계는 필수적인 것이다. 이 연구에서는 제한적으로 디지털 교과서와 사이언스올에서 제공하는 VR/AR 콘텐츠만을 탐색해 보았으나 과학교육에서 유용하게 활용될 수 있는 다양한 VR/AR 콘텐츠를 직접 탐색해 보는 기회가 제공되어야 할 것이다.

둘째, 초등 예비 교사들의 평가와 인식 변화에서도 드러났듯이 VR/AR 콘텐츠를 특정 수업 주제 및 적절한 전략과 연결해 보는 ‘맵핑(mapping)’ 과정이 TPACK 발전과 함양에 중요 요소임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 단순히 TPACK의 각 구성요소(TK, PK, CK)가 통합되어 TPACK이 발전한다고 보는 통합적 관점이 아닌, TPACK 그 자체를 고유한 하나의 체계로 보는 변혁적 관점(transformative perspective)을 뒷받침하는 하나의 사례라고 생각된다. 예비 교사들은 특히 ‘맵핑’ 단계의 경험에서 같은 주제, 같은 콘텐츠를 활용한 3가지의 수업 사례를 살펴보고 평가해 본 것이 굉장히 도움이 되었다고 응답하였다. 따라서 더 내실 있는 맵핑 과정이 이루어지기 위해서는 VR/AR 콘텐츠를 활용한 다양한 수업 사례가

교사 교육 프로그램 과정에서 제공되어야 할 것이다. 더 나아가 이 연구에서는 적용되지 못하였지만, 기존의 TPACK 모델이 선행연구에서 적용되었듯이 실제 현장 교사의 수업을 참관하거나 그것이 어렵다면 현장 교사 수업을 녹화한 동영상 자료 등을 준비하여 ‘맵핑’ 단계에서 제공하는 것도 좋은 전략이 될 수 있을 것이다.

셋째, 교사 교육 모델의 전 단계에 있어 협력적 담화가 이루어질 수 있는 환경을 제공해 주어야 할 것이다. 연구에 참여한 예비 교사들은 모든 단계에서 그룹별로 활동한 것을 긍정적으로 답하였는데 특히, 성찰 과정에서의 협력적 담화 과정을 긍정적으로 평가하였다. 자신들의 수업 실행에 대해 교수자가 아닌 동료 예비 교사들로부터 피드백을 받은 점, 그를 통해 학생의 시각에서 자신들의 수업을 성찰할 수 있었던 점을 긍정적으로 생각하였다. 개개인의 TPACK이 발달하는 과정에 집단적 TPACK이 영향을 미칠 수 있음을 보여주는 사례라고 생각되며 예비 교사 교육 프로그램이나 TPACK 역량 함양을 위한 교사 연수 프로그램과 같은 과정에서 개별적인 수업 계획과 성찰보다는 협력적 담화를 기반으로 하여 집단적 TPACK이 함양될 수 있는 환경이 제공되어야 할 것이다.

이 연구는 몇 가지 점에서 한계를 가지며 후속 연구에서 이를 보완할 필요가 있다.

첫째, 이번 연구에서는 모델을 개발하는 것에 조금 더 초점을 두었기 때문에 모델이 적용된 교사 교육 프로그램에 참여한 예비 교사의 TPACK 역량의 변화를 조사하지는 못하였다. 모델에 대한 예비 교사의 평가와 VR/AR 콘텐츠 활용에 관한 인식 변화만을 조사하는 데 그치게 되었다. 이러한 연구의 한계점을 반영한 후속 연구가 이루어져야 할 것이며, 동시에 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 TPACK 역량을 조사할 수 있는 평가 방법에 대한 고민도 동시에 이루어져야 할 것이다.

둘째, 교사 교육 모델을 적용하는 기간이 매우 짧은 편이었다. Jang and Chen(2010)은 18주로 구성된 과정(매주 2시간), Lee and Kim(2014)는 15주로 구성된 과정(매주 3회, 1회당 1시간)에 TPACK 교사 교육 모델을 적용한 반면, 이 연구에서는 전체 15주 기간의 정규 강좌에 적용되기는 했지만 실제로 VR/AR-TPACK 모델이 적용된 기간은 6주(매주 2시간)

에 불과하였다. 모델을 새롭게 개발하여 시범적으로 적용해 봤다는 점에서 연구의 의의가 있지만, 이후 교육대학교와 사범대학에서 테크놀로지 관련 정규 강좌에서 VR/AR-TPACK 모델을 확장된 기간에 적용해 볼 필요가 있을 것이다.

셋째, 수업 경험이 적은 예비 교사 교육과 수업 경험이 풍부한 현직 교사 교육은 차별성이 있을 수 있다. 본 연구에서 개발된 VR/AR-TPACK 교사 교육 모델은 그러한 점을 세부적으로 반영하고 있지 않다. 따라서 이러한 부분에 관한 연구를 통해 모델을 수정, 보완하여 적용하는 연구가 후속되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 강은희(2018). 스마트 지원 수업 설계에서 초등 예비교사들이 보이는 스마트 도구에 대한 인식과 활용의 차이. *초등과학교육*, 37(1), 66-79.
- 교육부(2020). 기초를 다지고, 첨단을 누리며, 미래를 이끄는 과학교육 종합계획(안)[2020~2024년]. 세종: 교육부.
- 교육부(2021). 2022 개정 교육과정 총론 주요사항(시안). 세종: 교육부 교육과정정책과.
- 교육부(2022a). 초·중등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제2022-33호 [별책 1]. 세종시: 교육부.
- 교육부(2022b). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2022-33호 [별책 9]. 세종시: 교육부.
- 소경희, 박지애, 최유리(2020). 교육개혁 실천에 있어서 교사들의 ‘의미-만들기(sense-making)’ 과정에 대한 개념적 이해. *교육과정연구*, 38(4), 131-155.
- 이다희, 황우형(2018). 수학교사의 테크놀로지 교수 내용 지식(TPACK)에 대한 연구: TPACK에 대한 인식 및 교육요구도 분석 중심으로. *수학교육*, 57(1), 1-36.
- 차현정, 박정우, 윤혜경(2022). 과학 수업에서의 실감형 콘텐츠 활용에 대한 초등 교사의 인식과 요구. *초등과학교육*, 41(3), 480-500.
- 차현정, 가석현, 윤혜경(2023). 초등 예비교사의 VR/AR 활용 과학 수업 계획 과정에서 나타나는 TPACK 특징: 인식적 네트워크 분석을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 43(3), 225-236.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2005). Preservice elementary teachers as information and communication technology designers: an instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer Assisted learning*, 21(4), 292-302.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, develop-



- ment, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154-168.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Barrett, D., & Green, K. (2009). Pedagogical content knowledge as a foundation for an interdisciplinary graduate program. *Science Educator*, 18(1), 17-28.
- Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372.
- Billici, S. C., Guzey, S. S., & Yamak, H. (2016). Assessing pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) through observations and lesson plans. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 237-251.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston, MA: D.C. Heath & Co Publishers.
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A., & Tondeur, J. (2015). Teachers' beliefs and uses of technology to support 21st-century teaching and learning. In H. Fives, & M. G. Gill (Eds.), *International handbook of research on teacher beliefs* (pp. 403-418). New York: Routledge.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Dordrecht; New York: Springer.
- Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009). Teaching science with technology: Case studies of science teachers' development of technology, pedagogy, and content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 25-45.
- Jaipal, K., & Figg, C. (2010). Unpacking the "Total PACKage": Emergent TPACK characteristics from a study of pre-service teachers teaching with technology. *Journal of Technology and Teacher Education*, 18(3), 415-441.
- Jang, S. J., & Chen, K. C. (2010). From PCK to TPACK: Developing a transformative model for pre-service science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 19(6), 553-564.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology & Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Lee, C. J., & Kim, C. (2014). An implementation study of a TPACK-based instructional design model in a technology integration course. *Educational Technology Research and Development*, 62, 437-460.
- Leem, J. (2001). An analytical study on the concept of virtual education and cyber education. *Journal of Educational Technology*, 17(3), 165-194.
- McCrary, R. (2008). Science, technology, and teaching: The topic-specific challenges of TPACK in science. In M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for Educators* (pp. 193-206). New York, NY: Routledge.
- McLellan, H. (1996). *Situated learning perspectives*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Merrill, M. D. (2007). The future of instructional design: The proper study of instructional design. In R. A. Reiser, & J. V. Dempsey (Eds.), *Trends and issues in instructional design and technology* (pp. 336-341). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Nichols, S. E., Tippins, D., & Wieseman, K. (1997). A "toolkit" for developing critically reflective science teachers. *Research in Science Education*, 27(2), 175-194.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523.
- OCED. (2005). Definition and selection of key competencies: Executive summary. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/definition-selection-key-competencies-summary.pdf>
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. Position paper. Retrieved from [http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Papanikolaou, K., Makri, K., & Roussos, P. (2017). Learning design as a vehicle for developing TPACK in blended teacher training on technology enhanced learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 1-14.
- Schnittka, C., & Bell, R. (2009). Preservice biology teachers' use of interactive display systems to support reforms-based science instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(2), 131-159.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. New York: Basic Books.
- UNESCO. (2018). A global framework of reference on digital literacy skills for indicator 4.4.2. Information Paper

- No. 51. Retrieved from <https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/ip51-global-framework-reference-digital-literacy-skills-2018-en.pdf>
- UNESCO. (2021). Reimagining our futures together: A new social contract for education. France: the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008a). Professional development for computer-enhanced learning: A case study with science teachers. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 3-12.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008b). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309-336.
- Wekerle, C., & Kollar, I. (2022). Using technology to promote student learning? An analysis of pre- and in-service teachers' lesson plans. *Technology, Pedagogy and Education*, 31(5), 597-614.
- Yeh, Y. F., Chan, K. K. H., & Hsu, Y. S. (2021). Toward a framework that connects individual TPACK and collective TPACK: A systematic review of TPACK studies investigating teacher collaborative discourse in the learning by design process. *Computer & Education*, 171, 104238.
- Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S., & Byers, J. L. (2002). Conditions for classroom technology innovations. *Teachers College Record*, 104(3), 482-515.

---

차현정, 춘천교육대학교 박사후 연구원(Hyun-Jung Cha; Postdoctoral researcher, Chuncheon National University of Education)

가석현, 서울대학교 교육종합연구원 선임연구원(Seok-Hyun Ga; Senior Researcher, The Center for Educational Research, Seoul National University)

† 윤혜경, 춘천교육대학교 교수(Hye-Gyoung Yoon; Professor, Chuncheon National University of Education)